

**Linear motor e.g. for actuating slider in duplicating machines**

Patent Number: DE19709044

Publication date: 1997-11-13

Inventor(s): KOENIGSREUTHER HERMANN (DE)

Applicant(s): BUEHLER GMBH NACHF GEB (DE)

Requested Patent:  DE19709044

Application Number: DE19971009044 19970306

Priority Number(s): DE19971009044 19970306; DE19961017883 19960504

IPC Classification: H02K41/035; H02K11/00

EC Classification: H02K11/00, H02K41/035, H02K41/035B1B

Equivalents:

---

**Abstract**

---

A linear motor has a stator comprising an annular coil with two separate magnetically conducting elements, the first being cylindrical and the second being annular, plus a permanent magnet rotor, all being concentric. The rotor is magnetised radially so that the inner surface is one pole and the outer surface is the opposite pole. It is made from a rare earth material and is wholly or partially embedded in plastic. The plastic serves as a bearing material. The rotor is directly supported on the surface of the first stator element so that it can move longitudinally. The two are constantly in contact over the rotor movement path. The two stator elements are joined by non-magnetic end caps.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 197 09 044 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
H 02 K 41/035  
H 02 K 11/00

(2)  
DE 197 09 044 A 1

(21) Aktenz. ichen: 197 09 044.3  
(22) Anmeldetag: 6. 3. 97  
(23) Offenlegungstag: 13. 11. 97

(66) Innere Priorität:  
196 17 883.5 04.05.96

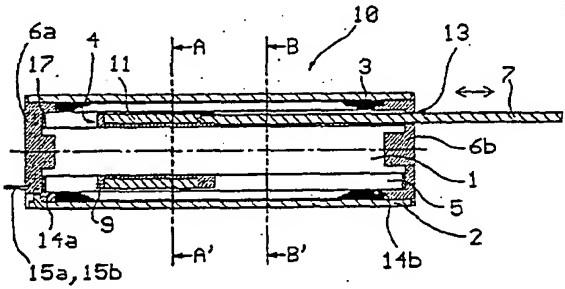
(72) Erfinder:  
Königsreuther, Hermann, 90431 Nürnberg, DE

(71) Anmelder:  
Gebr. Bühler Nachfolger GmbH, 90459 Nürnberg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Linearmotor mit beweglichem Magnetläufer

(57) Die Erfindung betrifft einen Linearmotor mit einem zylinderförmigen ersten Statorelement, einem zylinderringförmigen zweiten Statorelement, einer zylinderförmigen Statorspule und einem im wesentlichen zylinderringförmigen Permanentmagnet-Läufer. Diese Anordnung soll möglichst einfach aufgebaut und leicht zu montieren sein, wenig Bauraum erfordern und große Beschleunigungen ermöglichen, ohne daß die Gefahr von Beschädigungen des Läufers durch Anschläge an den Endkappen besteht, zudem soll die Nachrüstung eines Positionierungssystems ermöglicht werden. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß der Läufer durch einen einteiligen zylinderringförmigen aus Seltenerd-Material bestehenden Permanentmagneten gebildet wird, der durch ein als Lagermaterial dienendes Kunststoffmaterial mindestens teilweise umspritzt und direkt in oder auf einem der beiden Statorelemente gelagert ist und die beiden magnetisch leitenden Statorelemente durch mindestens eine nichtmagnetische Endkappe miteinander verbunden werden.



DE 197 09 044 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Linearmotor, der z. B. in einem Kopiergerät zur Betätigung eines Schiebers eingesetzt werden kann. Dabei ist ein relativ großer Weg in einer sehr kurzen Zeit zurückzulegen. Dies setzt eine relativ große Schub-/Zugkraft bei einer minimalen Läufermasse voraus.

Ein derartiger Linearmotor ist aus dem etz-Archiv Band 3 (1981) bekannt. Bei diesem Linearmotor besteht der Stator aus einer im wesentlichen zylinderringförmigen Statorspule, zwei magnetisch leitenden und voneinander magnetisch isolierten Statorelementen, wobei das erste magnetisch leitende Statorelement im wesentlichen zylindrisch und das zweite magnetisch leitende Statorelement im wesentlichen zylindringförmig ausgebildet ist und einem Läufer, der aus einem im wesentlichen zylindringförmigen, aber in zwei Halbschalen geteilten Permanentmagneten besteht, wobei die beiden magnetisch leitenden Statorelemente, die Statorspule und der Permanentmagnetläufer ineinander geschachtelt und zumindest annähernd konzentrisch zueinander angeordnet sind.

Der bekannte Linearmotor ist wegen der aufwendigen mechanischen Verwirklichung, insbesondere der Führung und der mechanischen Montage nur als Prinzipskizze dargestellt, obwohl der Wirkungsgrad durch die optimale Ausnutzung der Statorspule größer wäre als bei einer rechteckigen Anordnung. Im bekannten Linearmotor ist auch keine Möglichkeit vorhanden ein Positionierungssystem im oder am Antrieb zu integrieren.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher einen Linearmotor der eingangs beschriebenen Art so weiterzubilden, daß die genannten Schwierigkeiten überwunden werden, daß das Bauvolumen, der Teile- und Montageaufwand sowie die Leistungsaufnahme möglichst gering und die Beschleunigung des Läufers sowie die auf ihn wirkende Schub- oder Zugkraft über den Verfahrweg möglichst groß sind, ohne die Gefahr von Beschädigungen des Permanentmagneten einzugehen und daß die Nachrüstbarkeit des Linearmotors für ein Positionierungssystem mit einfachsten Mitteln ermöglicht wird.

Erfundungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Permanentmagnetläufer im wesentlichen radial magnetisiert ist, so daß die innere Zylindermantelfläche den einen Pol (Nord- oder Süd-) und die äußere Zylindermantelfläche den anderen Pol (Süd- oder Nord-) darstellt, der Permanentmagnet aus einem Seltenerd-Material besteht und ganz oder teilweise in einem Kunststoffmaterial eingebettet ist, wobei das Kunststoffmaterial als Lagermaterial dient und den Permanentmagnetläufer direkt auf der Außenfläche des ersten magnetisch leitenden Statorelements längsbeweglich lagert, so daß der Permanentmagnetläufer und die Außenfläche des ersten magnetisch leitenden Statorelements über den Verfahrweg des Permanentmagnetläufers stets miteinander in Berührung stehen, und daß die beiden magnetisch leitenden Statorelemente durch mindestens eine magnetisch nichtleitende Endkappe miteinander verbunden sind.

Durch den koaxialen Aufbau, die radiale Magnetisierung und die hohe Energiedichte des Seltenerd-Magneten wird der Bauraum optimal ausgenutzt und eine größtmögliche Zug- und Schubkraft bei geringer Leistungsaufnahme erzeugt. Aufgrund der geringen Masse des Seltenerd-Magneten und des Lagermaterials ist die

Läufermasse insgesamt gering, wodurch hohe Beschleunigung ermöglicht werden. Durch die direkte Lagerung des Läufers auf dem ersten magnetisch leitenden Statorelement, kann auf aufwendige Führungen für den Läufer verzichtet werden. Die Anzahl der Teile wird dabei minimiert und die Montage vereinfacht. Die optimale Ausnutzung des Bauraumes wird insbesondere dadurch erreicht, daß das Schub-/Zug- oder Zugmittel die Läuferbewegung axial nach außen übermittelt, da hierdurch keine Schwächung des Rückschlüssematerials erforderlich ist. Durch die Endkappen werden die beiden magnetisch leitenden Statorelemente koaxial zueinander gehalten. Durch die nichtmagnetische Ausbildung der Endkappen wird erreicht, daß sich ein größerer Feldliniendichtheitgradient des Statormagnetfeldes und damit eine größere Kraftwirkung auf den Läufermagneten ausbildet, wobei diese über den Verfahrweg konstant ist, zudem ermöglichen die Endkappen eine Reihe von Anbaumöglichkeiten, die auch die Nachrüstung eines Positionierungssystems mit einfachsten Mitteln gewährleisten.

In einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist der Permanentmagnetläufer direkt in der Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements längsbeweglich gelagert, so daß der Permanentmagnetläufer und die Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements über den Verfahrweg des Permanentmagnetläufers stets miteinander in Berührung stehen. Durch diese Ausbildung besteht die Möglichkeit das Schub-/Zugmittel durch einen Längsschlitz im zweiten magnetisch leitenden Statorelement nach außen zu führen. Durch den größeren Durchmesser des Permanentmagnetringes wird bei Linearmotoren mit kleineren Abmessungen die Magnetisierbarkeit des zylinderringförmigen Permanentmagnetringes erleichtert. Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, daß auf einen Spulenträger verzichtet werden kann und lediglich für eine ausreichende Isolierung des ersten magnetisch leitenden Statorelements gesorgt werden muß, zudem entstehen keine Schwierigkeiten für die Montage der Spule, da diese direkt auf das isolierte erste Statorelement gewickelt wird.

Besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben. Der Teile- und Montageaufwand wird erheblich herabgesetzt, wenn das Schub-/Zug- oder Zugmittel mit dem Lagermaterial des Permanentmagnetläufers fest verbunden ist, wenn es damit form- oder kraftschlüssig verbindbar ist, oder wenn es einstückig mit dem Kunststoffmaterial des Lagers ist.

Ohne großen Mehraufwand ist der erfundungsgemäß Linearmotor auch als positionierbarer Stellantrieb betreibbar, hierzu kann eine Druckfeder in den vorhandenen Raum zwischen Läufer und einer der Endkappen eingebaut werden, um die Läuferposition über die angelegte Spannung einzustellen. Zur Gewährleistung einer genauen Positionierung kann zusätzlich ein Stellungs-sensor, beispielsweise ein Potentiometer, in das Antriebssystem integriert werden. Anstelle eines Potentiometers kann die Stellungsabfrage auch induktiv, kapazitiv oder inkremental erfolgen.

Eine weitere Möglichkeit zur Positionierung des Läufers besteht in der Aufteilung der Statorspule in unabhängig voneinander ansteuerbare Einzelspulen, hierdurch kann der Feldliniendichtheitgradient so gesteuert werden, daß der Läufer eine bestimmte Position einnimmt.

Die Bauraumausnutzung wird durch die Verwendung

eines einstückerigen zylinderringförmig ausgebildeten Permanentmagneten verbessert, da hierdurch Streufekte vermieden werden und nahezu alle Magnetfeldlinien gezwungen werden beide magnetisch leitenden Statorelemente und den Luftspalt zu passieren, wodurch die Axialkraftwirkung auf den Läufer vergrößert wird.

Besonders einfach herstellbar ist der erfundungsgemäße Linearmotor, wenn der Magnet kunststoffgebunden und einstückig mit dem Lagermaterial ist, vorzugsweise könnte auch das Schub-/Zugmittel einstückig mitgespritzt werden. Zur Verbesserung der Gleiteigenschaften kann das Lagermaterial mit eingebetteten Trockenschmiermitteln versehen sein.

Zur Aufnahme einer Druckfeder, mit deren Hilfe die Positionierbarkeit des Läufers ermöglicht wird, ist der Läufer und eine der Endkappen mit einer ringförmigen Vertiefung versehen.

Durch Anschlußstifte, die in einer der vorzugsweise aus Kunststoff bestehenden nichtmangetischen Endkappen eingesetzt sind ist die elektrische Verbindung der Statorwicklung mit der Versorgungsleitung besonders einfach herzustellen.

Die Herstellbarkeit des Permanentmagnetläufers wird durch das beanspruchte Verfahren wesentlich erleichtert. Durch das mindestens teilweise Umspritzen des vorgefertigten zylinderringförmigen Permanentmagneten und das anschließende Magnetisieren, ist besonders die Handhabbarkeit und Automatisierbarkeit wesentlich verbessert. Durch das mindestens teilweise Umspritzen des u. U. spröden Magnetmaterials wird der Permanentmagnet vor Beschädigungen während der Montage und beim späteren Betrieb des Linearmotors geschützt. Durch die gewählte Reihenfolge der Verfahrensschritte wird einer Entmagnetisierung des Permanentmagneten durch Wärmeinwirkung vorgebeugt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen des Erfindungsgegenstandes näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1a einen erfundungsgemäßen Linearmotor nach einer ersten Ausführungsart;

Fig. 1b einen Schnitt durch den Linearmotor aus Fig. 1 entlang der Linie AA';

Fig. 1c einen Schnitt durch den Linearmotor aus Fig. 1 entlang der Linie BB';

Fig. 2a einen erfundungsgemäßen Linearmotor nach einer zweiten Ausführungsart;

Fig. 2b eine Draufsicht des Linearmotors aus Fig. 2a;

Fig. 2c eine Vorderansicht des Linearmotors aus Fig. 2a;

Fig. 3a eine Magnetfeldliniendarstellung des Spulenfeldes des erfundungsgemäßen Linearmotors;

Fig. 3b die Verteilung der magnetischen Flußdichte des Spulenfeldes im Luftspalt über die Länge des Linearmotors nach Fig. 3a;

Fig. 3c eine Magnetfeldliniendarstellung des Permanentmagnetfeldes des erfundungsgemäßen Linearmotors;

Fig. 3d die Verteilung der magnetischen Flußdichte des Permanentmagnetfeldes im Luftspalt über die Länge des Linearmotors nach Fig. 3c;

Fig. 3e eine Darstellung der überlagerten Magnetfeldlinien der Statorspule und des Permanentmagnetläufers des erfundungsgemäßen Linearmotors;

Fig. 4 eine erste Variante der ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 5 eine zweite Variante der ersten Ausführungs-

form der Erfindung mit einer rohrförmigen Hülse als Schub-/Zugmittel;

Fig. 6 eine zweite Variante der zweiten Ausführungsform der Erfindung mit in dem zweiten magnetisch leitenden Statorelement gelagertem Läufer und;

Fig. 7 eine Darstellung einer geschalteten Statorspule für einen Linearmotor mit einem großen Verfahrtsweg;

Fig. 8a eine Darstellung der Aufnahmen für das oder die Schub-/Zugmittel;

Fig. 8b einen Schnitt durch den Läufer aus Fig. 8a entlang der Linie AA';

Fig. 9 einen Linearmotor mit Druckfeder zur Positionssteuerung;

Fig. 10a einen Linearmotor mit Stellungsabfragesystem;

Fig. 10b eine Draufsicht auf Fig. 10a;

Fig. 11 eine Prinzipskizze einer weiteren Ausführungsart eines Stellungsabfragesystems.

Fig. 1a zeigt einen erfundungsgemäßen Linearmotor mit einem ersten zylindrisch ausgebildeten magnetisch leitenden Statorelement 1, einem zweiten zylinderringförmig ausgebildeten magnetisch leitenden Statorelement 2, einer an der Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements 2 befindlichen zylinderringförmig gewickelten Statorspule 3, einem auf dem ersten magnetisch leitenden Statorelement 1 längsbeweglich gelagerten, im wesentlichen zylinderringförmigen Läufer 4 und den nicht magnetischen Endkappen 6a und 6b. Am Läufer 4 ist eine magnetisch nichtleitende Zug-/Druckstange befestigt, die durch eine Öffnung 13 in der Endkappe 6b die Axialkraft auf ein zu bewegendes Stellglied überträgt. Der Läufer 4 besitzt ein Lager 9 um den Magneten 11 koaxial zum magnetisch leitenden Statorelement 1 zu führen und um die radiale Lage des Magneten 11 zu sichern. Der einteilige zylinderringförmige Magnet 11 ist radial magnetisiert und besteht aus Seltenerd-Material. Das Lager ist als Kunststoffgleitlager ausgebildet. Die Statorspule 3 ist als Backlackspule ausgeführt und durch die Ansätze 14a, 14b an den Endkappen 6a und 6b zentriert. Zwischen den Statorwindungen und dem zweiten magnetisch leitenden Statorelement 2 kann auch eine elektrisch isolierende Hülle, z. B. ein Schrumpfschlauch oder ähnliches (nicht dargestellt) gelegt sein um elektrische Kurzschlüsse zu vermeiden. Die Verbindung zwischen den beiden magnetisch leitenden Statorelementen 1 und 2 erfolgt durch die nichtmagnetischen Endkappen 6a und 6b. Das zweite magnetisch leitende Statorelement 2 ist mit den Endkappen 6a, 6b durch umgebogene Lappen oder eingedrückte Stege mit den Endkappen 6a, 6b und damit mit dem ersten magnetisch leitenden Statorelement 1 verbunden. Das erste magnetisch leitende Statorelement ist durch Zentrierzapfen in den Endkappen axial und radial gesichert. Die Enden der Statorspule 3 sind an Anschlußstücken 15a, 15b angeschlagen, um die Stromversorgung des Linearmotors zu ermöglichen.

Fig. 1b zeigt einen Schnitt durch die Linie AA' in Fig. 1a und zeigt die koaxiale Anordnung des ersten magnetisch leitenden Statorelement 1, des Lagers 9, der zylinderringförmigen Magneten 11, des Luftspalts, der Statorspule 3 und des zylinderringförmigen Statorelement 2.

Fig. 1c ist eine Schnittansicht durch die Linie BB' in Fig. 1a und zeigt zusätzlich das Schub-/Zugmittel 7.

Fig. 2a zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der die Statorspule auf das erste magnetisch leitende Statorelement 1 gewickelt ist. Zwischen dem Statorelement 1 und der Spule befindet sich eine isolie-

rende Schicht (nicht dargestellt) um Kurzschlüsse zu vermeiden. Der Läufer besteht aus einem radial magnetisierten einteiligen zylinderringförmigen Permanentmagneten 11 aus Seltenerd-Material und ist mit einem Lagermaterial teilweise umspritzt, wobei ein Schub-/Zugmittel mit dem Lagermaterial einstückig mitgespritzt ist. Der Läufer 4 ist direkt auf der Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements 2 gelagert, so daß das Lagermaterial des Läufers über den Verfahrweg stets mit der Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements 2 in Berührung steht. Das Schub-/Zugmittel 16 ist durch einen Längsschlitz 27 im Statorelement 2 nach außen geführt. Um den Läufer montieren zu können ist der Längsschlitz 27 im Statorelement 2 einseitig offen. Die beiden magnetisch leitenden Statorelemente 1 und 2 sind durch zwei Endkappen 6a, 6b miteinander verbunden, wobei die Endkappe 6a mit dem Statorelement 1 verschraubt ist und die Endkappe 6b mit dem Statorelement 1 vernietet ist. In den Endkappen befinden sich ringförmige Vertiefungen 26a, 26b zur Aufnahme des Statorelements 2. In der aus Kunststoff bestehenden Endkappe 6a sind Anschlußstifte 15a, 15b eingesteckt, die mit Schneidklemmverbindern 18 für die Spulenenden versehen sind.

Fig. 2b zeigt eine Draufsicht und Fig. 2c eine Vorderansicht des Linearmotors aus Fig. 2a. Die Endkappen 6a, 6b sind hier rechteckig bzw. quadratisch ausgeführt und mit Anschraubbohrungen 33 versehen.

#### Funktionsweise des Linearmotors

Die Fig. 3a bis 3e zeigen den Magnetfeldlinienverlauf bzw. die Flußdichteverteilung des erfindungsgemäßen Linearmotors. In Fig. 3a ist der magnetische Feldlinienverlauf der Spule dargestellt. Die magnetischen Feldlinien durchlaufen dabei zweimal den Luftspalt 5, und verteilen sich über die gesamte Länge des Stators.

Fig. 3b zeigt die Verteilung der magnetischen Flußdichte des Spulenfeldes im Luftspalt 5.

In Fig. 3c ist der magnetische Feldlinienverlauf des Permanentmagneten dargestellt, wobei die Feldlinien zweimal den Luftspalt durchlaufen und sich in axialer Richtung rechts und links vom Magneten über die gesamte Statorlänge verteilen.

Fig. 3d zeigt die Verteilung der magnetischen Flußdichte des Permanentmagnetfeldes im Luftspalt.

Beim erfindungsgemäßen Linearmotor 10 überlagern sich die beiden Magnetfelder aus den Fig. 3a und 3c. Dabei kommt es auf einer Seite des Magnetläufers (in Fig. 3 links) zu einer Feldverdichtung und auf der anderen Seite zu einer Feldverdünnung (in Fig. 3 rechts). Je nach Stromrichtung in der Spule entsteht diese Feldverdichtung/-Verdünnung auf der einen oder der anderen Seite des Magnetläufers. Durch das Bestreben des Feldes sich über einen möglichst großen Querschnitt zu verteilen, um den geringstmöglichen magnetischen Widerstand überwinden zu müssen, wirkt auf den Magnetläufer eine Kraft in Axialrichtung des Linearmotors. Die Richtung der Kraft kann durch Umpolen der Stromrichtung in der Statorspule umgedreht werden.

Da bei diesem Aufbau das magnetische Feld des Magneten 11 im Luftspalt 5 symmetrisch ist (Fig. 3c und 3d), ist die Kraftwirkung auf den Magneten proportional zur Änderung der magnetischen Flußdichte des Spulenfeldes. Dies entspricht der Steigung der Kurve in Fig. 3b. Die Steigung ist über die gesamte Länge des Stators nahezu konstant, daher ist auch die Kraftwirkung auf den Permanentmagnetläufer über den gesamten Verfahrweg nahezu konstant.

In Fig. 4 ist eine Variante der ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Linearmotors dargestellt. Der Permanentmagnet 11 ist radial magnetisiert, besteht aus Seltenerd-Material und weist eine einteilige zylinderringförmige Form auf. Dieser Permanentmagnet 11 ist durch teilweises Umspritzen mit einem Kunststoffmaterial einstückig mit einem mitgespritzten Schub-/Zugmittel 16, wobei das Kunststoffmaterial ein Lagermaterial 9 ist, durch welches der Läufer 4 auf dem ersten magnetisch leitenden Statorelement 1 gelagert ist. Zur Erhöhung der Gleiteigenschaften ist im Kunststoff Trockengleitmaterial eingelagert. Der vorhandene Luftspalt 5 verbreitert sich durch den Platzbedarf des Lagermaterials kaum. Die Verbindung zwischen Statorelement 1 und Endkappe 6a erfolgt durch Verschrauben. Die Verbindung zwischen Statorelement 1 und der Endkappe 6b erfolgt durch radiale Schrauben oder Stifte. Die Endkappe 6a ist durch Einpressen in das zweite magnetisch leitende Stator-element 2 mit diesem verbunden. Die Wicklungsenden sind um Anschlußstücke 15a, 15b, die in einem der Endkappen 6a oder 6b eingesteckt sind, herumgewickelt und dort durch Löten oder Schweißen elektrisch leitend mit den Anschlußstiften verbunden. Um eine innigere Verbindung der Backlackspule mit der Endkappe 6a zu erreichen, ist in dieser eine Rille 28 ausgeformt, in der eine oder mehrere der Spulenwindungen eingreifen. An den Endkappen 6a, 6b sind hier ringförmig ausgebildete Dämpfungselemente 17 angebracht um bei Einsatzfällen, in denen das zu bewegende Stellglied nicht bedämpft wird, ein zu abruptes und heftige Schlaggeräusche verursachendes Anschlagen des Läufers 4 an den Endkappen 6a, 6b zu verhindern. Als Dämpfungselement 17 kann beispielsweise ein Filzring dienen. Das Dämpfungselement 17, das sich an der Endkappe 6b befindet, besitzt eine Ausnehmung für das Schub-/Zug oder Zugmittel 16.

Fig. 5 zeigt eine weitere Variante des ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Linearmotors, bestehend aus einem zylinderförmigen Stator-element 1, einem zylinderringförmigen Stator-element 2, einer zylinderringförmigen Statorspule 3, einem Spulenträger 8, und einer Endkappe 6a. Der Spulenträger 8 ist durch einen Ansatz 35 an der Endkappe 6a zu dieser zentriert. Am gegenüberliegenden Ende weist der Spulenträger 8 einen Kragen 31 auf, mit dem er im zweiten magnetisch leitenden Stator-element 2 zentriert und verpreßt oder auch verklebt ist. Die Schraube 12 hält das erste magnetisch leitende Stator-element 1 fest an der Endkappe 6a. Um ein Verkippen des Schub-/Zugmittels 16 in bezug auf das erste Stator-element 1 zu begrenzen, ist ein Ring 25 vorgesehen, der das hier rohrförmige Schub-/Zugmittel zum Stator-element 1 zentriert. Der Ring 25 wird vorzugsweise in eine Nut im Stator-element 1 eingebaut und ist für diesen Zweck elastisch aufweiterbar ausgebildet. Als Ersatz für den Ring 25 ist auch eine Scheibe (nicht dargestellt) mit Ausnehmung für das Stator-element 1 als Stützelement für das Schub-/Zugmittel denkbar. Der radial magnetisierte, einteilige, zylinderringförmige Permanentmagnet 11 aus Seltenerd-Material ist auch stirnseitig mit Kunststoffmaterial umspritzt, um das Magnetmaterial vor Beschädigungen durch das Anschlagen an den Endkappen 6a, 6b zu schützen. Als Schub-/Zugmittel 16 ist ein einstückig mitgespritztes Rohr vorgesehen. Der Läufer wird direkt durch das erste magnetisch leitende Stator-element 1 geführt, so daß das Lagermaterial 9 des Läufers über den Verfahrweg stets mit der Außenfläche des Stator-

elements 1 in Berührung steht. In der Endkappe 6a ist eine Steckerbuchse 24 integriert, die in bekannter Weise mit Rasthaken ausgeführt ist.

Fig. 6 zeigt eine Variante der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Linearmotors, wobei der Läufer 4 direkt auf der Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements 2 längsbeweglich gelagert ist, so daß die Außenfläche des Permanentmagnetläufers 4 und die Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements 2 über die Bewegungsbahn des Permanentmagnetläufers 4 stets miteinander in Berührung stehen. Der Permanentmagnetläufer 4 ist auch hier mit dem als Lagermaterial dienenden Kunststoff teilweise umspritzt. Das Schub-/Zugmittel 16 ist einstückig mit dem Lager. Die Läuferbewegung wird axial über eine Öffnung in der Endkappe 6b nach außen übermittelt. In der Öffnung der Endkappe 6b befindet sich ein das Schub-/Zugmittel führende Gleitlager 32. Die Verbindung zwischen Statorelement 1 und der Endkappe 6a erfolgt bei dieser Ausführungsform durch einen Gewindeansatz am Statorelement 1, der in eine Gewindebohrung der Endkappe 6a eingeschraubt wird. Die Endkappe 6b wird hier durch Nieten bzw. Umbördeln einer hohlnietartigen Anformung am Statorelement 1 mit der Endkappe 6b verbunden. Die Verbindung zwischen den Statorspulenenden und den Anschlußstücken 15a, 15b erfolgt im gezeigten Ausführungsbeispiel durch Klemmschneidverbindungen 18.

Fig. 7 zeigt eine Statorspule, die aus hintereinander geschalteten Einzelpulsen besteht. Je nach Beschaltung dieser Anordnung kann ein Linearmotor mit großem Verfahrweg oder ein positionierbarer Linearmotor realisiert werden. Im ersten Fall sind im Betrieb stets mindestens zwei Teilspulen gleichzeitig eingeschaltet, die Fortschaltung erfolgt dann Teilspule für Teilspule. Im zweiten Fall werden diejenigen Teilspulen eingeschaltet, welche die Start und die Stopposition des Läufers einschließen.

Die Statorspule 3 des erfindungsgemäßen Linearmotors kann bei allen Ausführungsformen sowohl aus Teilspulen zusammengesetzt, als auch als einteilige Spule ausgeführt sein. Bei einer mehrteiligen Statorspule sind für die Kommutierung Leiterschleifen herausgeführt und mit einer Steuerschaltung oder einem Schleifermechanismus verbunden.

Die Fig. 8a und 8b zeigen den Läufer eines erfindungsgemäßen Linearmotors, bei welchem das Schub-/Zugmittel 7 durch Aufnahmen 34 mit dem Kunststoffmaterial 9 des Läufers 4 verbunden ist. Die Fügerichtung ist hierbei radial, also senkrecht zur Bewegungsrichtung des Läufers, wodurch eine sichere Verbindung erreicht wird. Da mehrere Aufnahmen 34 vorgesehen sind, besteht die Möglichkeit wahlweise mehrere Schub-/Zugmittel oder ein Schub-/Zugmittel mit mehreren Verbindungsstellen mit dem Läufer 4 zu verbinden.

Fig. 9 zeigt einen Linearmotor, bestehend aus einem ersten zylinderförmigen magnetisch leitenden Statorelement, einem zweiten zylinderringförmigen magnetisch leitenden Statorelement, einer zylinderringförmigen Statorspule 3, zwei Endkappen 6a, 6b, einem Läufer 4 mit einem einteiligen radial magnetisierten zylinderringförmigen Permanentmagneten, der aus Seltenerd-Material besteht und teilweise durch ein Kunststoffmaterial umspritzt ist, das gleichzeitig als Lagermaterial dient und einstückig mit dem Schub-/Zugmittel ist, einer Druckfeder 37, die im Luftspalt zwischen der Statorspule 3 und dem zweiten magnetisch leitenden Statorelement angeordnet ist und in ringförmige Vertiefungen 38,

39 des Läufers 4 und der Endkappe 6b eintaucht. Die Druckfeder 37 ermöglicht die spannungsabhängige Positionierbarkeit des Läufers 4. Durch die ringförmigen Vertiefungen 38, 39 wird verhindert, daß die Druckfeder mit der Statorspule in Berührung kommt.

Fig. 10a zeigt einen Linearmotor nach Fig. 9, dessen Läufer gegen eine Druckfeder bewegt wird und zusätzlich ein Stellungsabfragesystem enthält, das aus einer linearen Widerstandsbahn 46 und mindestens einer Leiterbahn 47 auf einer Leiterplatte 42 sowie einem in einer Aufnahme 40 des Schub-/Zugmittels 7, 16 befestigten Schleifers 41 besteht. Die Leiterplatte 42 ist dabei in Aufnahmen 44, 45 der Endkappen 6a, 6b befestigt, wobei die Aufnahme 44 aus einem Durchbruch besteht, durch den sich das Leiterplattenende in den Hohlraum einer Steckerbuchse 43 fortsetzt und dort direkt mit einem Anschlußstecker verbindbar ist. Die Steckerbuchse enthält Rasthaken als Zugentlastung für den Stecker. Die Andere Aufnahme 45 besteht aus einem Anschlag, der die Leiterplatte 42 vor einem Zurückweichen bei Einsticken des Steckers schützt und einem Rasthaken, der die Leiterplatte in radialer Richtung hält. Die Anschlußstücke 15a, 15b sind so geformt, daß deren Enden in Lötaugen der Leiterplatte eintauchen, wo sie verlötet werden. Die Versorgungsspannung wird dann ebenfalls über den Stecker zur Leiterplatte geführt und von dort über Leiterbahnen zu den Anschlußstücken 15a, 15b. Die Widerstandsbahn 46 und die Leiterbahnen 47 können wahlweise auf der vom Linearmotor abgewandten Seite oder auf der ihm zugewandten Seite angebracht sein, entsprechend ist auch die Lage der Aufnahmen 40 für den Schleifer 41 zu wählen. Die Leiterplatte 42 ist in gleicher Weise wie das Statorelement 2 geschlitzt, um die Bewegung des Schub-/Zugmittels zu erlauben. Die Endkappen bestehen vorzugsweise aus Kunststoff, da hierdurch sowohl die magnetische Isolierung als auch die elektrische Isolierung für die Anschlußstücke 15a, 15b gewährleistet ist.

In Fig. 10b ist die Draufsicht zur Fig. 10a dargestellt. Hier sind die Widerstandsbahn und die Schleiferbahnen auf der vom Linearmotor abgewandten Seite angebracht. Die Leiterplatte nimmt nur einen Teil der zur Verfügung stehenden Fläche (Durchmesser des Linearmotors) ein, sie könnte aber auch größer gewählt werden, um beispielsweise die Ansteuerelektronik aufzunehmen.

Fig. 11 zeigt die Prinzipskizze einer anderen Ausführungsart des Stellungsabfragesystems. Hier ist die Leiterplatte 50 in einer Aufnahme 53 des Schub-/Zugmittels 7, 16 und der Schleifer in einer Aufnahme 48 in der Endkappe 6b befestigt. Die Leiterplatte enthält eine Widerstandsbahn 51 und mindestens eine Leiterbahn 52.

Die Befestigung eines Linearmotors nach einer der beschriebenen Ausführungsarten kann mit Hilfe von Gewindebohrungen in den Endkappen erfolgen (nicht dargestellt).

#### Bezugszeichenliste

- 60 1 erstes magnetisch leitendes Statorelement
- 2 zweites magnetisch leitendes Statorelement
- 3 Statorspule
- 4 Permanentmagnet-Läufer (Magnet + Lager + Schub-/Zugmittel)
- 5 Luftspalt
- 6a, 6b magnetisch nichtleitende Endkappen
- 7 Schub-/Zug- oder Zugmittel
- 8 Spulenträger

9 Lager(material)	
10 Linearmotor	
11 Magnet (Seltenerd)	
12 Schraube	
13 Öffnung in Endkappe	5
14a, 14b Ansatz an Endkappe	
15a, 15b Anschlußstücke	
16 Schub-/Zugmittel (einstückig mit Lager)	
17 Dämpfungselement	
18 Schneidklemmverbindung	10
19 Gewindeansatz	
20 Klebeverbindung/Preßverbindung	
21 Nietverbindung	
22 Schraub- oder Niet-Stift-Verbindung	
23 Schweißverbindung	15
24 Steckerbuchse	
25 Ring	
26a, 26b ringförmige Vertiefung	
27 Schlitz	
28 Rille	20
29 Zylindermantellinnenfläche des Permanentmagneten	
30 Zylindermantelaußenfläche des Permanentmagneten	
31 Kragen	
32 Gleitlager	
33 Bohrung	25
34 Aufnahmen für Schub-/Zugmittel	
35 Ansatz	
36 Nut	
37 Druckfeder	
38 ringförmige Ausnehmung im Läufer	
39 ringförmige Ausnehmung in einer Endkappe	30
40 Aufnahme für einen Schleifer am Schub-/Zugmittel	
41 Schleifer an Schub-/Zugmittel	
42 Leiterplatte an Endkappen	
43 Steckerbuchse an Endkappe	35
44 Durchbruch für Leiterplatte	
45 Aufnahme für Leiterplatte in Endkappe	
46 Widerstandsbahn	
47 Leiterbahn	
48 Aufnahme für Schleifer in Endkappe	40
49 Schleifer in Endkappe	
50 Leiterplatte in Schub-/Zugmittel	
51 Widerstandsbahn	
52 Leiterbahn	
53 Aufnahme für Leiterplatte in Schub-/Zugmittel	45
54 Schlitz in Leiterplatte.	

## Patentansprüche

1. Linearmotor mit einem Stator, bestehend aus einer im wesentlichen zylinderringförmigen Statorspule, zwei magnetisch leitenden und voneinander magnetisch isolierten Statorelementen, wobei das erste magnetisch leitende Statorelement im wesentlichen zylinderförmig und das zweite magnetisch leitende Statorelement im wesentlichen zylinderringförmig ausgebildet ist und einem im wesentlichen zylinderringförmig ausgebildeten Permanentmagnetläufer, wobei die beiden magnetisch leitenden Statorelemente, die Statorspule und der Permanentmagnetläufer ineinandergeschachtelt und zumindest annähernd konzentrisch zueinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnetläufer (4) im wesentlichen radial magnetisiert ist, so daß die innere Zylindermantelfläche (29) den einen Pol (Nord- oder Süd-) und die äußere Zylindermantelfläche (30) den anderen Pol (Süd- oder Nord) darstellt, der Permanentmagnet

(11) aus einem Seltenerd-Material besteht und ganz oder teilweise in einem Kunststoffmaterial eingebettet ist, wobei das Kunststoffmaterial als Lagermaterial dient und den Permanentmagnetläufer (4) direkt auf der Außenfläche des ersten magnetisch leitenden Statorelements (1) längsbeweglich lagert, so daß der Permanentmagnetläufer (4) und das erste magnetisch leitende Statorelement (1) über den Verfahrweg des Permanentmagnetläufers (4) stets miteinander in Berührung stehen, und daß die beiden magnetisch leitenden Statorelemente durch mindestens eine magnetisch nichtleitende Endkappe miteinander verbunden sind.  
 2. Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (7) oder ein Stellglied mit dem Lagermaterial (9) des Läufers form- oder kraftschlüssig verbindbar ist.  
 3. Linearmotor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Aufnahmen (34) mit dem Lagermaterial (9) einstückig sind, die wahlweise mit einem oder mit mehreren Schub-/Zug- oder Zugmitteln (7) oder mit einem Schub-/Zug- oder Zugmittel mit mehreren Verbindungsstellen kupplbar sind.  
 4. Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (7, 16) mit dem Lagermaterial (9) des Läufers (4) fest verbunden ist.  
 5. Linearmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (16) mit dem Lagermaterial (9) einstückig ist.  
 6. Linearmotor nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Schub-/Zug- oder Zugmittel (7, 16) die Bewegung des Läufers (4) durch mindestens eine Öffnung (13) in einer der Endkappen (6a oder 6b) nach außen überträgt.  
 7. Linearmotor nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Schub-/Zugmittel eine Aufnahme (53) für eine Leiterplatte (50) aufweist, wobei die Leiterplatte mit mindestens einer Widerstandsbahn (51) und mindestens einer Leiterbahn (52) versehen ist.  
 8. Linearmotor nach Anspruch 1, 2, 3, 4, 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Endkappen (6a oder 6b) Aufnahmen (48) für mindestens einen Schleifer (49) aufweist, der mit mindestens einer Widerstandsbahn (51) und mindestens einer Leiterbahn (52) der Leiterplatte (50) in gleitendem Kontakt steht.  
 9. Linearmotor mit einem Stator, bestehend aus einer im wesentlichen zylinderringförmigen Statorspule, zwei magnetisch leitenden und voneinander magnetisch isolierten Statorelementen, wobei das erste magnetisch leitende Statorelement im wesentlichen zylinderförmig und das zweite magnetisch leitende Statorelement im wesentlichen zylinderringförmig ausgebildet ist und einem im wesentlichen zylinderringförmig ausgebildeten Permanentmagnetläufer, wobei die beiden magnetisch leitenden Statorelemente, die Statorspule und der Permanentmagnetläufer ineinandergeschachtelt und zumindest annähernd konzentrisch zueinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnetläufer (4) im wesentlichen radial magnetisiert ist, so daß die innere Zylindermantelfläche (29) den einen Pol (Nord- oder Süd-) und die äußere Zylindermantelfläche (30) den anderen Pol (Süd- oder Nord) darstellt, der Permanentmagnet

(11) aus einem Seltenerd-Material besteht und ganz oder teilweise in einem Kunststoffmaterial eingebettet ist, wobei das Kunststoffmaterial als Lagermaterial dient und den Permanentmagnetläufer (4) direkt in der Innenfläche des zweiten magnetisch leitenden Statorelements (2) längsbeweglich lagert, so daß der Permanentmagnetläufer (4) und das zweite magnetisch leitende Statorelement (2) über den Verfahrweg des Permanentmagnetläufers (4) stets miteinander in Berührung stehen, und daß die beiden magnetisch leitenden Statorelemente durch mindestens eine magnetisch nichtleitende Endkappe miteinander verbunden sind.

10. Linearmotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (7) oder ein Stellglied mit dem Lagermaterial (9) des Läufers (4) form- oder kraftschlüssig verbindbar ist.

11. Linearmotor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Aufnahmen (34) mit dem Lagermaterial (9) einstückig sind, die wahlweise mit einem oder mit mehreren Schub-/Zug- oder Zugmitteln (7) oder mit einem Schub-/Zug- oder Zugmittel mit mehreren Verbindungsstellen kupplbar sind.

12. Linearmotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (7, 16) mit dem Lagermaterial des Läufers fest verbunden ist.

13. Linearmotor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (16) mit dem Lagermaterial (9) einstückig ist.

14. Linearmotor nach Anspruch 10, 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Schub-/Zug- oder Zugmittel (7, 16) die Bewegung des Läufers durch mindestens eine axiale Öffnung (13) in einer der Endkappen (6a oder 6b) nach außen überträgt.

15. Linearmotor nach Anspruch 10, 11, 12 oder 13 dadurch gekennzeichnet, daß das Schub-/Zug- oder Zugmittel (7, 16) die Bewegung des Läufers (4) durch mindestens einen Längsschlitz (27) in der Zylindermantelwand des zweiten magnetisch leitenden Statorelements (2) nach außen überträgt.

16. Linearmotor nach Anspruch 10, 11, 12, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Schub-/Zugmittel (7, 16) eine Aufnahme (53) für eine Leiterplatte (50) aufweist, wobei die Leiterplatte mit mindestens einer Widerstandsbahn (51) und mindestens einer Leiterbahn (52) versehen ist.

17. Linearmotor nach Anspruch 9, 10, 11, 12, 13, 14 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Endkappen eine Aufnahme (48) für mindestens einen Schleifer (49) aufweist, der mit der Leiterplatte (50) in gleitendem Kontakt steht.

18. Linearmotor nach Anspruch 9, 10, 11, 12, 13 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Endkappen (6a, 6b) Aufnahmen (44, 45) für eine Leiterplatte aufweisen, wobei die Leiterplatte (42) mit mindestens einer Widerstandsbahn (46) und mindestens einer Leiterbahn (47) versehen ist.

19. Linearmotor nach Anspruch 9, 10, 11, 12, 13, 15 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Endkappe (6a oder 6b) mit einer Steckerbuchse (43) einstückig ist, welche eine Aufnahme (44) in Form eines Durchbruches für das Ende der Leiterplatte (42) aufweist.

20. Linearmotor nach Anspruch 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine Endkappe (6a oder 6b) mit elektrisch leitenden Verbin-

dern (15a, 15b) versehen ist, durch welche die Drahtenden der Statorspule (3) mit der Leiterplatte (42) verbindbar sind.

21. Linearmotor nach Anspruch 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Schub-/Zugmittel (7, 16) eine Aufnahme (40) für einen Schleifer (41) aufweist, der mit der Leiterplatte (42) in gleitendem Kontakt steht.

22. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (11) einstückig ist.

23. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Permanentmagnet (11) kunststoffgebunden ist und mit dem Lagermaterial (9) einstückig ist.

24. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in das Lagermaterial (9) Trockenschmiermittel eingelagert ist.

25. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine magnetisch nichtleitende Endkappe (6a, 6b) eine ringförmige Vertiefung (26a, 26b) zur Aufnahme des zweiten zylinderringförmigen Statorelements (2) aufweist.

26. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Öffnung (13) einer der Endkappen (6a, 6b) ein Gleitlager (32) für ein Schub-/Zug- oder Zugmittel (7, 16) angeordnet ist.

27. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine nichtmagnetische Endkappe (6a oder 6b) Anschlußmittel (15a, 15b) aufweist, mit denen die Spulenenden der Statorspule (3) elektrisch leitend verbunden werden.

28. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Luftspalt (5) zwischen den beiden Statorelementen (1 und 2), dem Läufer (4) und einer der Endkappen (6a oder 6b) eine Druckfeder (37) eingebaut ist.

29. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Kunststoffmaterial (9) des Läufers (4) eine ringförmige Ausnehmung (38) zur Aufnahme der Druckfeder (37) vorgesehen ist.

30. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in einer der Endkappen (6a, 6b) eine ringförmige Ausnehmung (39) zur Aufnahme der Druckfeder (37) vorgesehen ist.

31. Linearmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Endkappe (6a, 6b) aus Kunststoffmaterial besteht.

32. Verfahren zur Herstellung eines Linearmotors nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Pressen des Permanentmagnetmaterials in eine zylinderringförmige Form;
- Umspritzen des Magneten mit Kunststoffmaterial;
- Magnetisieren des Magneten in einer Magnetisievorrichtung.

33. Verfahren zur Herstellung eines Linearmotors nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schub-/Zug- oder Zugmittel beim Umspritzen des Magneten minde-

13

14

stens teilweise in das Lagermaterial des Permanentmagnetläufers mit eingebettet wird.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig.1a

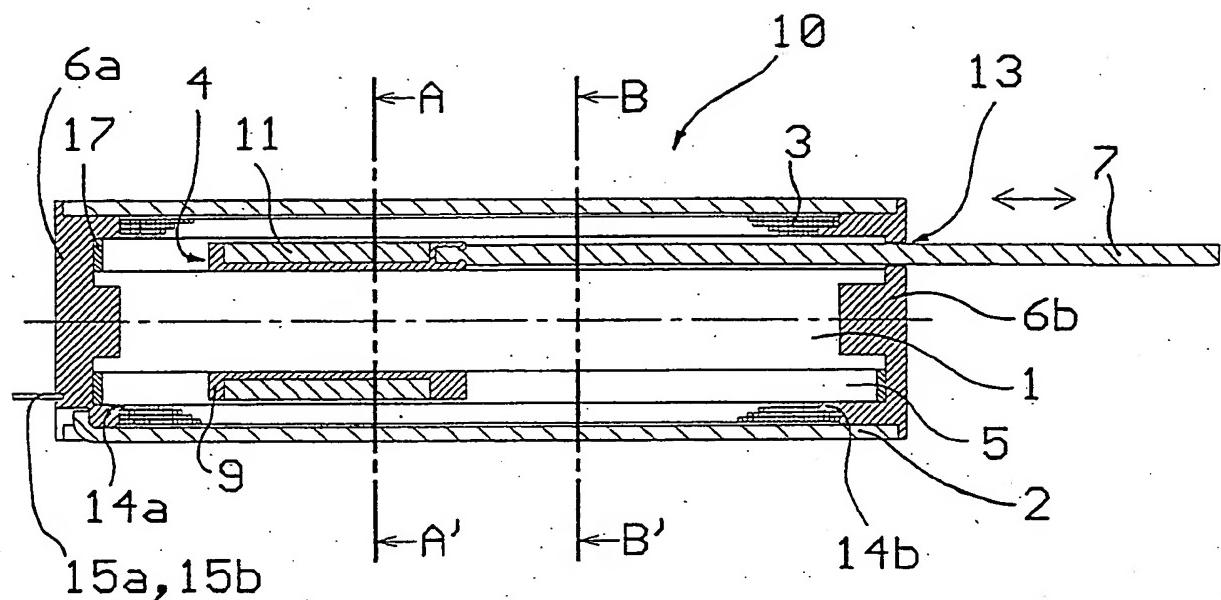


Fig.1b

Schnitt AA'

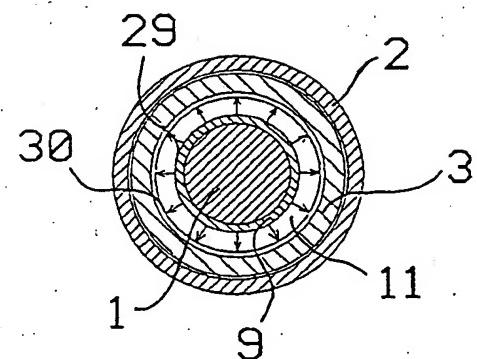
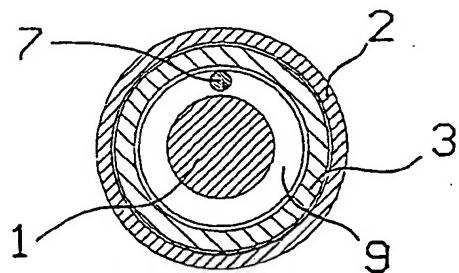


Fig.1c

Schnitt BB'



**- Leerseite -**

Fig. 2a

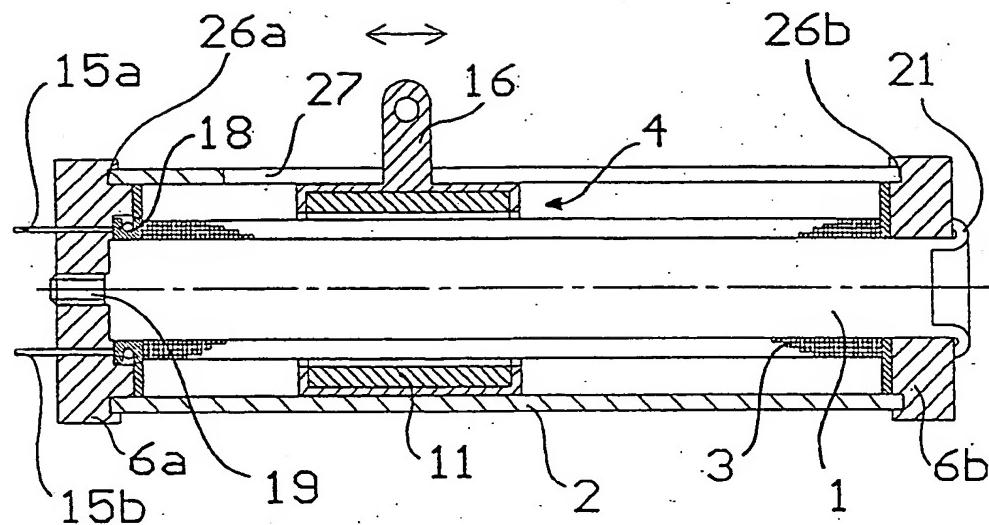


Fig. 2b

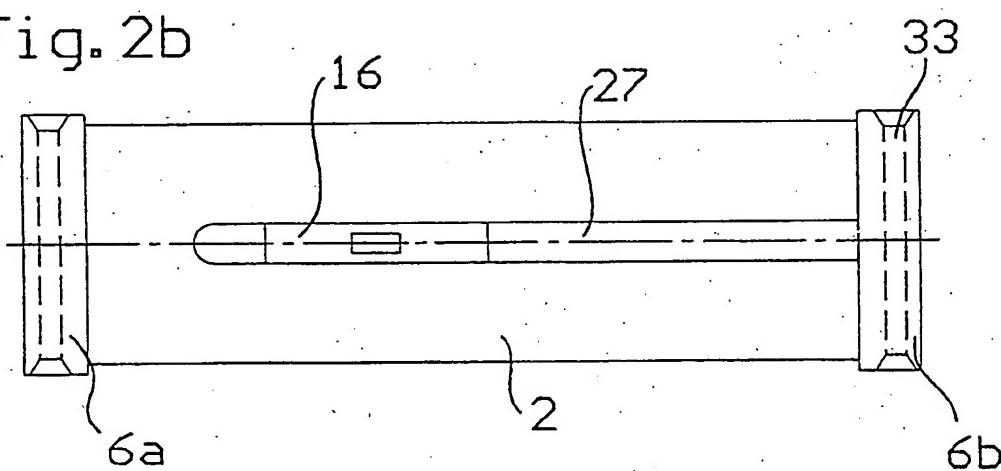
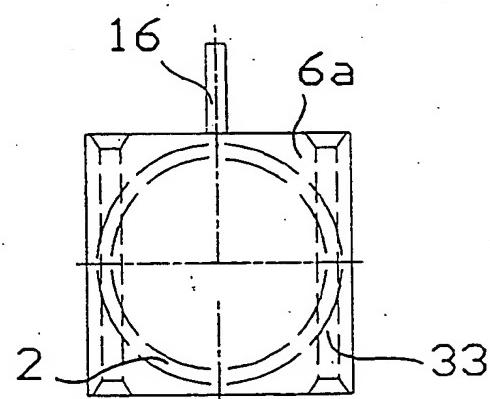


Fig. 2c



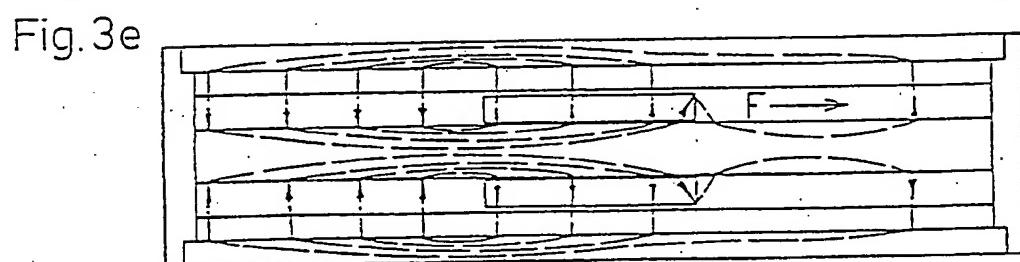
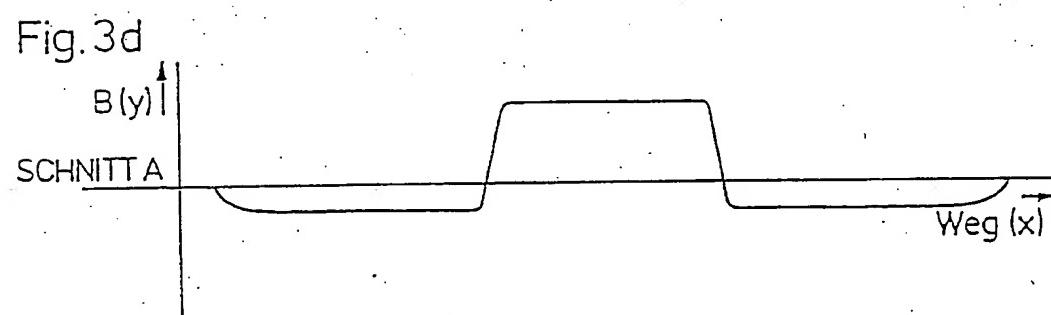
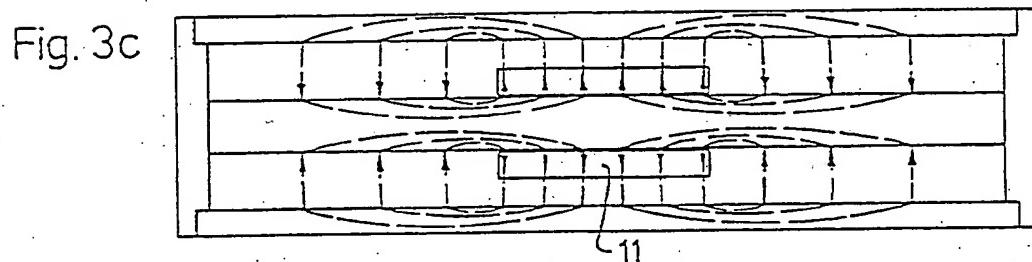
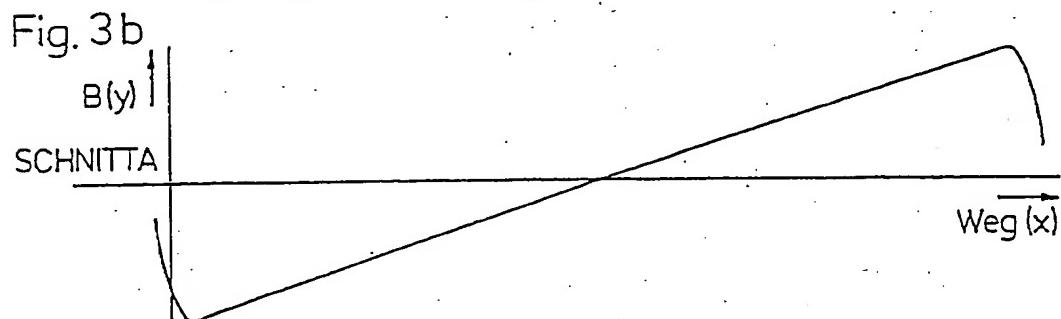
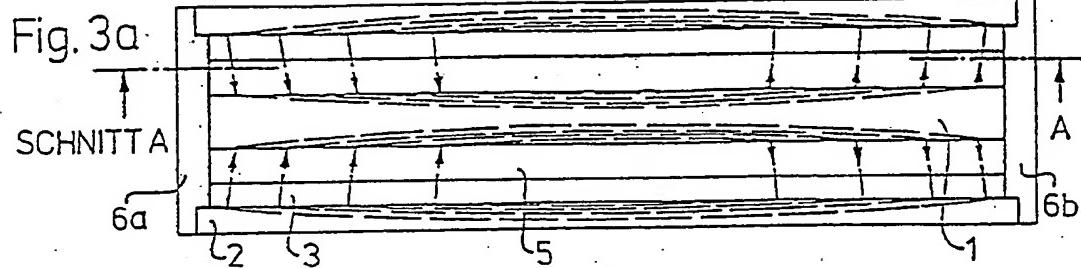


Fig. 4

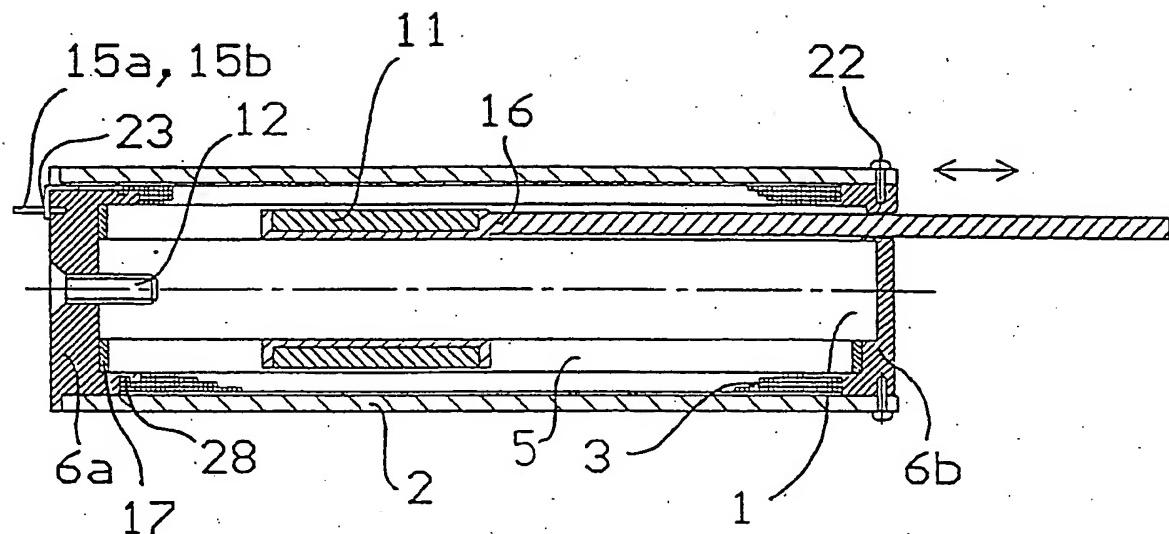


Fig. 5

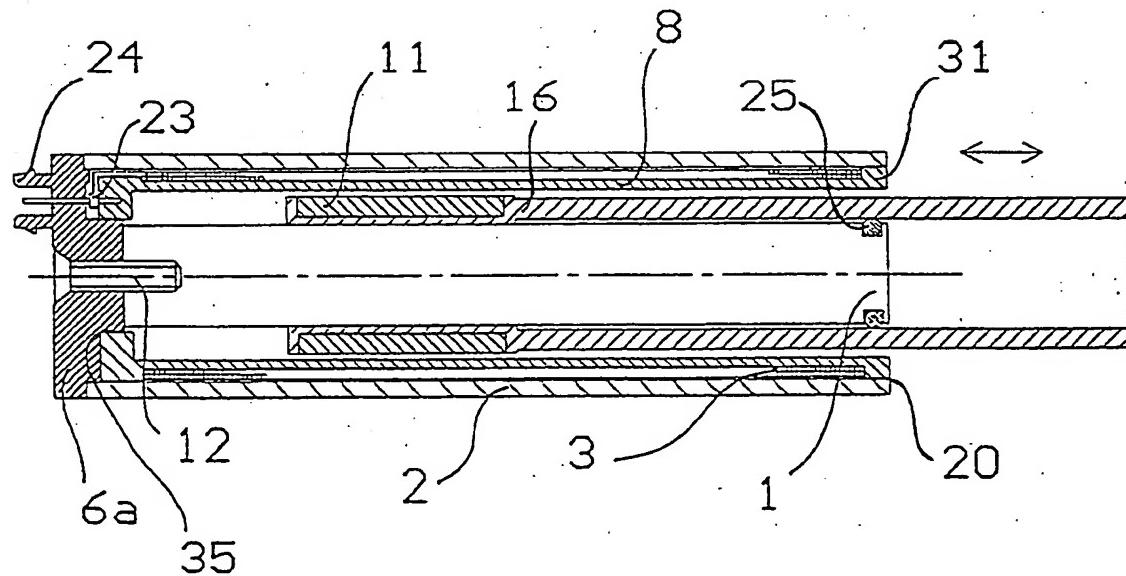


Fig. 6

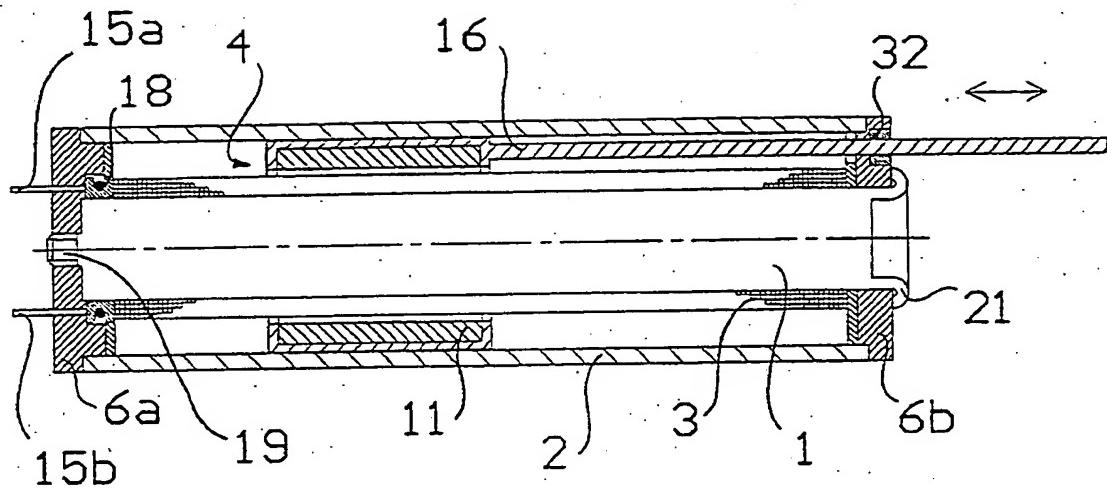


Fig. 7

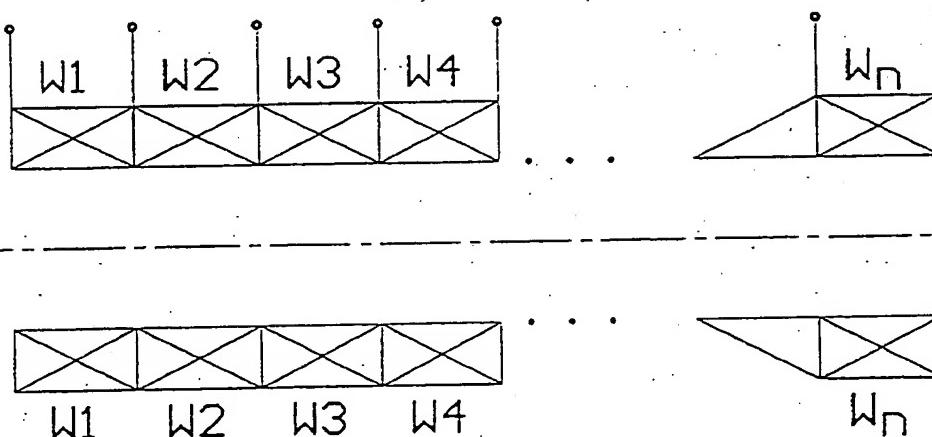


Fig. 8a

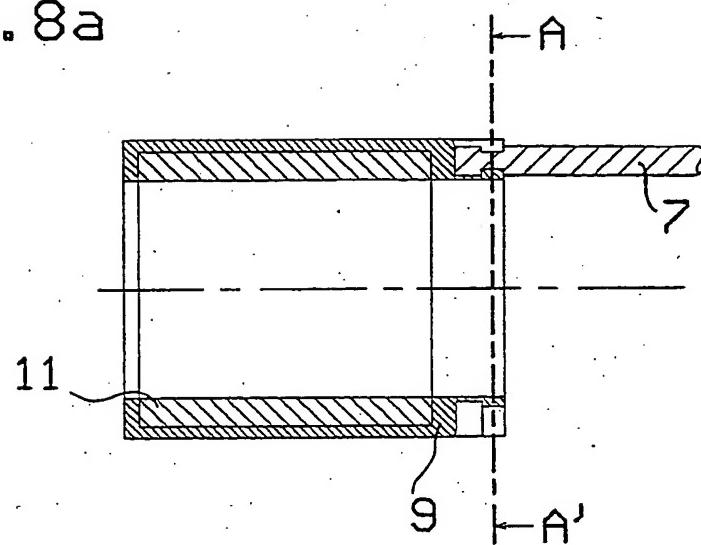
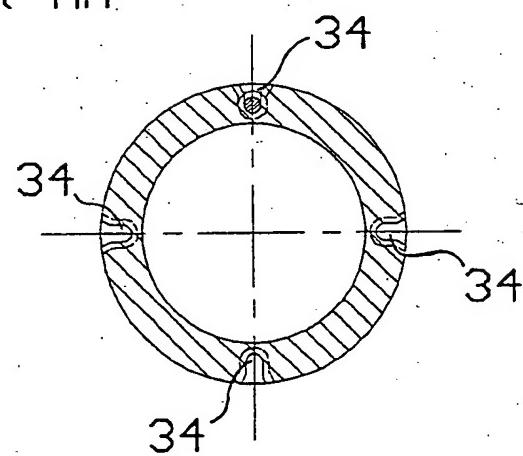
Fig. 8b  
Schnitt AA'

Fig. 9

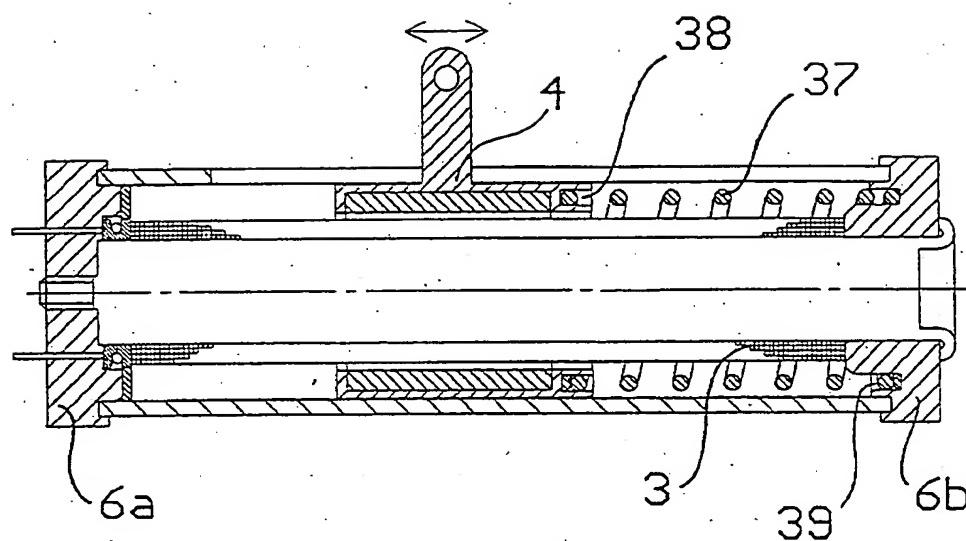


Fig. 10a

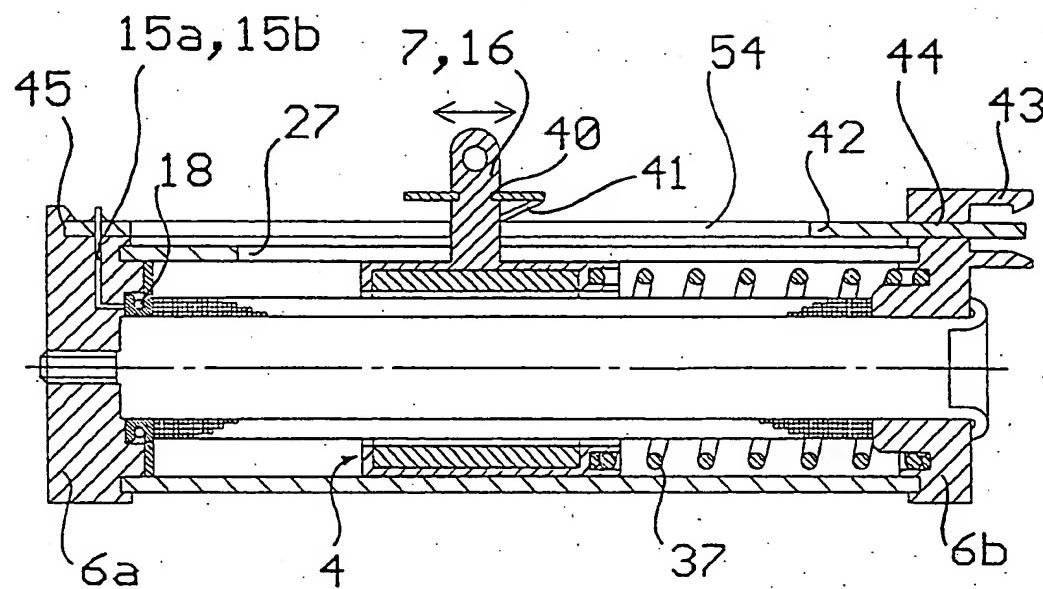


Fig. 10b

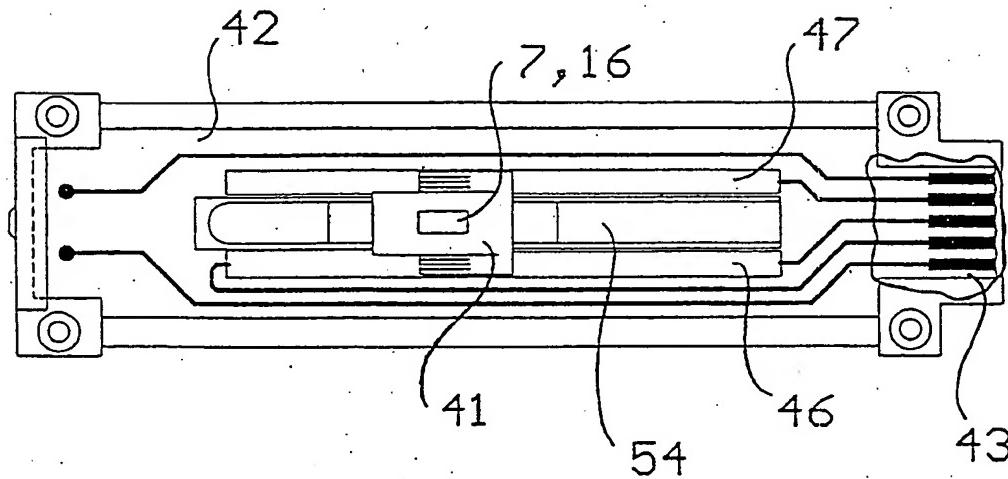


Fig. 11

